

TÍNH TOÁN ĐỘ CAO THỦY CHUẨN TỪ KẾT QUẢ NỘI SUY KHOẢNG CHÊNH GEOID CHO KHU VỰC PHÍA NAM VIỆT NAM

BÙI KHẮC LUYÊN, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Bài báo trình bày các kết quả tính toán độ cao thủy chuẩn cho một số điểm khu vực phía Nam Việt Nam trên cơ sở sử dụng độ cao trắc địa xác định bằng công nghệ GPS, độ cao geoid cục bộ được tính toán từ độ cao geoid toàn cầu và kết quả nội suy khoảng chênh geoid. Các phương pháp nội suy khoảng chênh geoid được sử dụng là Collocation và Spline. Các dữ liệu được sử dụng trong nội suy là các điểm thủy chuẩn hạng cao có đo trùng GPS trong hệ tọa độ WGS-84.

1. Đặt vấn đề

Mô hình geoid đặc trưng cho trọng trường Trái đất, và có thể được sử dụng để xác định được độ cao thủy chuẩn từ kết quả đo cao GPS. Theo phương pháp này dị thường độ cao được tính toán trên cơ sở nội suy sử dụng mô hình geoid.

Mô hình geoid toàn cầu thường được xây dựng dựa vào các số liệu trọng lực và số liệu đo cao từ vệ tinh, và phù hợp với Trái đất trên phạm vi toàn cầu. Bằng phần mềm Alltrans EGM2008 Calculator, ta có thể tính toán được độ cao geoid toàn cầu tại bất kỳ vị trí nào trên bề mặt Trái đất với mô hình geoid EGM2008.

Trong khi đó, mô hình geoid cục bộ thường được xây dựng trên cơ sở sử dụng dữ liệu GPS, thủy chuẩn, và phù hợp với Trái đất trên phạm vi hẹp, có thể là một khu vực hoặc một quốc gia nào đó.

Khoảng cách giữa bề mặt geoid toàn cầu và bề mặt geoid cục bộ thể hiện khoảng chênh giữa hai bề mặt này, được gọi là khoảng chênh geoid. Ở những vị trí có dữ liệu GPS, thủy chuẩn, đại lượng này có thể được tính toán trực tiếp. Các giá trị tính toán được có thể được sử dụng để nội suy cho những vị trí khác, kết hợp với độ cao geoid toàn cầu tính bằng phần mềm Alltrans EGM2008 Calculator và độ cao trắc địa xác định bằng công nghệ GPS cho phép xác định độ cao thủy chuẩn mà không đòi hỏi phải đo thủy chuẩn hình học.

2. Các phương pháp nội suy khoảng chênh geoid

Khoảng chênh geoid được nội suy trên cơ sở sử dụng các phương pháp sau đây:

2.1. Phương pháp Spline

Khoảng chênh geoid của một điểm được nội suy trên cơ sở các điểm song trùng sử dụng phương pháp Spline, được thể hiện theo công thức:

$$\Delta\zeta[P(x, y)] = \sum_{i=1}^n a_i r_{PP_i}^2 \ln(r_{PP_i}) + \tau_1 + \tau_2 x + \tau_3 y, (1)$$

trong đó:

$$r_{PP_i} = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}, a_i (i = 1 \div n),$$

τ_1, τ_2, τ_3 - nghiệm của hệ phương trình sau:

$$\begin{pmatrix} 0 & g_{1,2} & \dots & g_{1,n} & 1 & x_1 & y_1 \\ g_{2,1} & 0 & \dots & g_{2,n} & 1 & x_2 & y_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_{n,1} & g_{n,2} & \dots & 0 & 1 & x_n & y_n \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 & 0 \\ x_1 & x_2 & \dots & x_n & 0 & 0 & 0 \\ y_1 & y_2 & \dots & y_n & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \\ \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta\zeta_1 \\ \Delta\zeta_2 \\ \dots \\ \Delta\zeta_n \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, (2)$$

$$g_{i,j} = g_{j,i} = \begin{cases} r_{P_i P_j}^2 \ln(r_{P_i P_j}) & \text{với } i \neq j \\ 0 & \text{với } i = j \end{cases}$$

2.2. Phương pháp Collocation

$$\Delta\zeta(x, y) = \sum_{i=1}^n a_{pi} \zeta_i = (C_{p,1} \quad C_{p,2} \quad \dots \quad C_{p,n}) \times$$

$$\times \begin{pmatrix} C_{1,1} & C_{1,2} & \dots & C_{1,n} \\ C_{2,1} & C_{2,2} & \dots & C_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{n,1} & C_{n,2} & \dots & C_{n,n} \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} \Delta\zeta_1 \\ \Delta\zeta_2 \\ \dots \\ \Delta\zeta_n \end{pmatrix}, \quad (3)$$

trong đó: $C_{i,j}$ - các giá trị hiệp phương sai của chênh cao geoid. Chúng có thể được tính theo mô hình hàm hiệp phương sai, chẳng hạn mô hình Markov bậc ba:

$$C_{\zeta}(S) = D_{\zeta} \cdot e^{-\frac{S}{L}} \left(1 + \frac{S}{L} - \frac{S^2}{2L^2} \right), \quad (4)$$

với: D_{ζ} - phương sai; L - bán kính đặc trưng; S là khoảng cách giữa hai điểm ứng với giá trị hiệp phương sai cần tìm.

Các tham số D_{ζ} và L được xác định dựa trên cơ sở các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm, được tính theo công thức sau:

$$C_{\zeta}(S) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta\zeta_i - \overline{\Delta\zeta})(\Delta\zeta_j - \overline{\Delta\zeta}), \quad (5)$$

trong đó:

$\overline{\Delta\zeta}$ - giá trị hiệp phương sai trung bình;
 n - tổng số cặp điểm có khoảng cách là S .

3. Kết quả tính toán

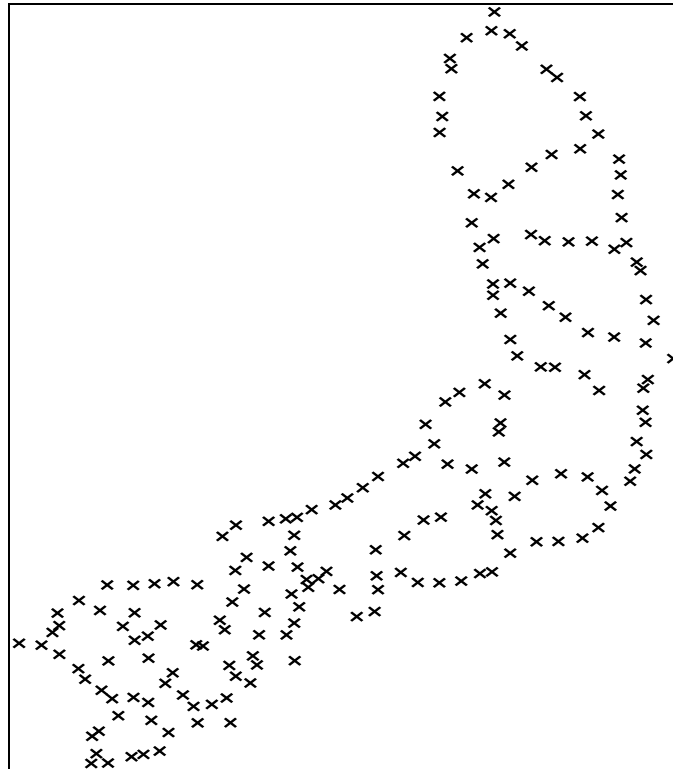
3.1. Số liệu thực nghiệm

Dữ liệu thực nghiệm là tập hợp 192 điểm lưới thủy chuẩn đo trùng GPS. Đây là các điểm mốc vừa có độ cao nhà nước, vừa có tọa độ và độ cao xác định bằng công nghệ GPS.

Các điểm thực nghiệm nằm trong lãnh thổ Việt Nam, trải dài từ khu vực Nam Trung bộ xuống tới khu vực Nam bộ, có độ vĩ nằm trong khoảng từ $9^{\circ}10'31''$ (điểm 192) đến $16^{\circ}04'44''$ (điểm 01), độ kinh nằm trong khoảng từ $104^{\circ}38'40''$ (điểm 155) đến $109^{\circ}24'00''$ (điểm 53). Tọa độ và độ cao của các điểm được thể hiện tóm tắt trong bảng dưới đây.

Bảng 1. Tọa độ và độ cao các điểm

Tênđiểm	xy ₈₄ (m)		H ₈₄ (m)	h(m)	$\zeta_{\text{cục bộ}}$ (m)
(1)	(2)		(3)	(4)	(5)
1	1780230	836633	-3.094	7.821	-10.915
2	1761122	834257	-3.084	7.116	-10.200
3	1758009	848720	-7.194	2.805	-9.999
4	1754026	814672	2.391	12.357	-9.966
5	1745564	858299	-0.648	8.709	-9.357
6	1732804	801468	45.082	54.584	-9.502
7	1722388	802619	103.192	112.426	-9.234
8	1721808	877790	-5.292	2.735	-8.027
9	1713420	886139	-6.176	1.372	-7.548
...
192	1014250	518122	-5.777	0.468	-6.245



Hình 1. Sơ đồ vị trí điểm lưới thực nghiệm

3.2. Tính khoảng chênh geoid

Từ các thành phần tọa độ trên, chúng tôi tiến hành tính toán các giá trị độ cao geoid toàn cầu ứng với mô hình geoid EGM2008, với

phương pháp nội suy trùng phương (Bi-Quadratic). Từ đó, tính được khoảng chênh geoid giữa mô hình geoid toàn cầu và mô hình geoid cục bộ, kết quả được thể hiện như sau:

Bảng 2. Tọa độ và khoảng chênh geoid giữa các điểm

Tên điểm	xy ₈₄ (m)		$\zeta_{\text{cục bộ}}$ (m)	$\zeta_{\text{toàn cầu}}$ (m)	$\Delta\zeta$ (m)
(1)	(2)		(3)	(4)	(5)
1	1780230	836633	-10.915	-10.879	-0.036
2	1761122	834257	-10.200	-10.035	-0.165
3	1758009	848720	-9.999	-9.976	-0.023
4	1754026	814672	-9.966	-9.712	-0.254
5	1745564	858299	-9.357	-9.435	0.078
6	1732804	801468	-9.502	-9.504	0.002
7	1722388	802619	-9.234	-9.293	0.059
8	1721808	877790	-8.027	-8.243	0.216
9	1713420	886139	-7.548	-7.791	0.243
...
192	1014250	518122	-6.245	-6.150	-0.095

3.3. Nội suy khoảng chênh geoid

Với các số liệu thực nghiệm đã nêu ở trên (bảng 2), chúng tôi đã lựa chọn ra một số điểm, được coi như là các "điểm cứng", sử dụng nó để nội suy khoảng chênh geoid cho các điểm còn lại. Từ kết quả nội suy và khoảng chênh geoid đã có, sẽ xác định được độ lệch giữa hai giá trị này, từ đó có được những kết luận cần thiết.

Việc lựa chọn các "điểm cứng" được thực hiện như sau: chia khu vực thực nghiệm thành các ô lưới có kích thước khác nhau, sau đó lựa chọn các điểm nằm gần trọng tâm của ô lưới nhất làm "điểm cứng". Khoảng cách của các ô lưới được xem như là khoảng cách đặc trưng

cho "điểm cứng". Các phương án chia ô lưới được thực hiện như sau:

- Phương án 1: kích thước ô lưới là 100km×100km tương ứng với 21 "điểm cứng" và 171 "điểm tính".

- Phương án 2: kích thước ô lưới là 50km×50km tương ứng với tổng số "điểm cứng" và tổng số "điểm tính" lần lượt là 63 và 129.

- Phương án 3: kích thước ô lưới là 25km×25km tương ứng với 138 "điểm cứng" và 54 "điểm tính".

3.3.1. Kết quả nội suy theo phương án 1

Kết quả nội suy khoảng chênh geoid theo phương án 1 được thể hiện trong bảng dưới đây.

Bảng 3. Kết quả nội suy khoảng chênh geoid theo phương án 1

Tên điểm	x (m)	y (m)	$\Delta\zeta$ (mm)	Collocation		Spline	
				$\Delta\zeta^{\text{NS}}$ (mm)	$\Delta\zeta - \Delta\zeta^{\text{NS}}$ (mm)	$\Delta\zeta^{\text{NS}}$ (mm)	$\Delta\zeta - \Delta\zeta^{\text{NS}}$ (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	1780230	836633	36	126	-90	95	-59
2	1761122	834257	165	162	3	113	52
3	1758009	848720	23	69	-46	1	22
5	1745564	858299	-78	-23	-55	-79	1
6	1732804	801468	-2	243	-245	321	-323
7	1722388	802619	-59	231	-290	310	-369
8	1721808	877790	-216	-209	-7	-214	-2
10	1694232	793176	15	255	-240	346	-331
...
192	1014250	518122	95	180	-85	265	-170

3.3.2. Kết quả nội suy theo phương án 2

Bảng 4 dưới đây thể hiện các kết quả nội suy khoảng chênh geoid theo phương án 2.

Bảng 4. Kết quả nội suy khoảng chênh geoid theo phương án 2

Tên điểm	x (m)	y (m)	$\Delta\zeta$ (mm)	Collocation		Spline	
				$\Delta\zeta^{\text{NS}}$ (mm)	$\Delta\zeta - \Delta\zeta^{\text{NS}}$ (mm)	$\Delta\zeta^{\text{NS}}$ (mm)	$\Delta\zeta - \Delta\zeta^{\text{NS}}$ (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	1780230	836633	-36	-169	133	-190	154
3	1758009	848720	-23	-119	96	-89	66
4	1754026	814672	-254	-123	-131	-159	-95
5	1745564	858299	78	-25	103	8	70
6	1732804	801468	2	-22	24	-65	67
7	1722388	802619	59	7	52	-25	84
8	1721808	877790	216	182	34	185	31
11	1694005	904117	199	302	-103	328	-129
...
192	1014250	518122	-95	10	-105	6	-101

3.3.3. Kết quả nội suy theo phương án 3

Kết quả nội suy khoảng chênh geoid theo phương án 3 được thể hiện trong bảng dưới đây.

Bảng 5. Kết quả nội suy khoảng chênh geoid theo phương án 3

Tên điểm	x (m)	y (m)	$\Delta\zeta$ (mm)	Collocation		Spline	
				$\Delta\zeta^{NS}$ (mm)	$\Delta\zeta - \Delta\zeta^{NS}$ (mm)	$\Delta\zeta^{NS}$ (mm)	$\Delta\zeta - \Delta\zeta^{NS}$ (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	1780230	836633	-36	-161	125	-217	181
9	1713420	886139	243	221	22	221	22
14	1657446	793318	-328	-234	-94	-236	-92
15	1655826	918726	256	32	224	65	191
18	1630300	935087	262	126	136	163	99
22	1604587	847683	-177	-51	-126	-55	-122
25	1591234	833939	-124	-75	-49	-75	-49
28	1553380	865546	94	93	1	92	2
...
191	1014678	531354	-16	-215	199	-217	201

3.4. Phân tích và đánh giá kết quả thực nghiệm

Bảng 6. So sánh độ lệch theo phương pháp nội suy Collocation và Spline

Độ lệch (mm)	Collocation (mm)			Spline (mm)		
	P.án 1 (100×100km)	P.án 2 (50×50km)	P.án 3 (25×25km)	P.án 1 (100×100km)	P.án 2 (50×50km)	P.án 3 (25×25km)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Lớn nhất	644	564	500	711	561	498
Nhỏ nhất	0	0	0	1	0	2
Trung bình	146	97	106	164	96	104
Trung phương	190	135	145	213	133	142

4. Nhận xét và kết luận

Từ các kết quả tính toán, phân tích, đánh giá đối với các dữ liệu thực nghiệm, chúng tôi rút ra một số kết luận như sau:

- Phương pháp kết nối độ cao được trình bày ở trên cho phép xác định độ cao thủy chuẩn thông qua sử dụng độ cao trắc địa đo bằng công nghệ GPS, độ cao geoid toàn cầu và khoảng chênh geoid được nội suy.

- Phương pháp nội suy collocation và spline cho kết quả nội suy tương đương nhau, tuy nhiên phương pháp spline có ưu điểm là việc nội suy có thể được thực hiện ngay lập tức mà không yêu cầu phải có bước tính toán trung gian (xác định tham số hàm hiệp phương sai với phương pháp nội suy collocation).

- Kết quả nội suy phụ thuộc vào mật độ "điểm cứng", nghĩa là khi kích thước ô lưới

giảm thì độ chính xác tăng lên. Tuy nhiên khi kích thước đủ nhỏ thì mức độ thay đổi không nhiều, cụ thể khi kích thước giảm từ 100km xuống 50km tương ứng với số lượng "điểm cứng" tăng từ 22 đến 63 điểm thì độ lệch trung phương giảm từ khoảng 2dm xuống còn khoảng 1.3dm, còn khi kích thước giảm từ 50km xuống 25km tương ứng với số lượng "điểm cứng" tăng từ 63 lên 137 điểm thì sự khác biệt này không nhiều, vào khoảng 1cm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Geoff Bohling, 2005. Kriging, The University of Kansas.

[2]. John W. Robbins, 1985. Least square collocation applied to local gravimetric solutions from satellite gravity gradiometry data, the ohio state university.

[3]. M. J. Sevilla. A new gravimetric geoid in the Iberian Peninsula, Instituto de Astronomía y Geodesia, Facultad de Ciencias Matemáticas, Universidad Complutense. Madrid, Spain.

[4]. Metin Soycan, MSc. Arzu Soycan. Surface modeling for GPS-levelling geoid determination, Yildiz Technical University - Civil Engineering Faculty - Geodesy and Photogrammetry Engineering Division, Turkey.

[4]. Phạm Hoàng Lân, 1973. Trọng lực trắc địa, Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

SUMMARY

Computation of leveling height using the result of Geoid height difference interpolation for the data in the south of Vietnam

Bui Khắc Luyen, *University of Mining and Geology*

The paper shows the results of computing leveling height in the South of Vietnam based on ellipsoidal height obtained from GPS measurements, local geoid height calculated from global geoid height and results of geoid height difference interpolation. The methods of interpolation used in the paper are Collocation and Spline. The GPS-Levelling data in WGS-84 were then used.